

**COMPOSICION, ESTRUCTURA Y DINAMICA DE
UN BOSQUE SECO SEMIDECIDUO EN
SANTA CRUZ, BOLIVIA**

Documento Técnico 114/2003

Ynes V. Uslar

Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado

Bonifacio Mostacedo

University of Florida

Mario Saldías

Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado

Contrato USAID: 511-C-00-93-00027-00

Chemonics International Inc.

USAID/Bolivia

Marzo, 2003

Objetivo Estratégico de Medio Ambiente (USAID/Bolivia)

Composición, Estructura y Dinámica de un Bosque Seco Semidecíduo en Santa Cruz, Bolivia

***Proyecto de Manejo
Forestal Sostenible
BOLFOR***

Cuarto Anillo
esquina Av. 2 de Agosto
Casilla 6204
Teléfonos: 3-480766 – 3-480767
Fax: 3-480854
e-mail: bolfor@bibosi.scz.entelnet.bo
Santa Cruz, Bolivia

Tabla de Contenido

AGRADECIMIENTOS
RESUMEN EJECUTIVO

SECCION I	INTRODUCCIÓN	I-1
SECCION II	METODOS	II-1
	A. Area de estudio	II-1
	B. Diseño y recolección de datos	II-1
	C. Análisis de datos	II-2
SECCION III	RESULTADOS	III-1
	A. Composición y estructura	III-1
	B. Regeneración natural y dinámica del bosque	III-5
SECCION IV	DISCUSIÓN	IV-1
	A. Composición y estructura	IV-1
	B. Regeneración natural	IV-3
	C. Mortandad, reclutamiento e incremento diamétrico	IV-3
SECCION V	CONCLUSIONES	V-1
SECCION VI	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	VI-1

Agradecimientos

Este estudio se efectuó gracias a la colaboración de los directores del Jardín Botánico de Santa Cruz para instalar una parcela permanente en este sitio. La segunda evaluación de esta parcela permanente fue financiada por el Proyecto BOLFOR. Agradecemos al Dr. Gonzalo Navarro y a la Dra. Marielos Peña por sus comentarios y sugerencias tanto en la primera como en la segunda fase de este estudio.

Resumen Ejecutivo

El objetivo de este estudio fue analizar la estructura, composición y dinámica de un bosque seco semidecíduo en el Jardín Botánico de Santa Cruz, por medio de dos evaluaciones (años 1995 y 2002). Se midió la riqueza y abundancia, el diámetro a la altura del pecho (DAP), la posición de copa y la infestación de bejucos en los árboles. Con estos datos, se determinó también la regeneración natural, las tasas de mortandad y el reclutamiento, además de las tasas de incremento de área basal y diamétrico. Se encontró un promedio de 29.5 especies y 526 individuos, siendo mayores las cifras en la primera evaluación. Las especies más abundantes y frecuentes fueron *Aspidosperma cylindrocarpon* y *Phyllostylon rhamnoides*, mientras que las especies con mayor área basal fueron *Anadenanthera macrocarpa* y *Gallesia integrifolia*. Según la posición de la copa, la mayor parte de los árboles en esta área son co-dominantes o suprimidos. También se encontró que el 76% de los árboles tenían bejucos sea en el fuste o en la copa, pero sólo el 7.5% de los árboles estuvieron severamente infestados. La distribución diamétrica para el bosque tuvo un patrón de “J” invertida, lo cual indica que tiene una buena regeneración; sin embargo, pocas son las especies que tienen este patrón. La tasa anual de mortandad fue de 1.98%, mientras que la tasa anual de reclutamiento fue de 0.73%. La tasa anual de incremento de área basal fue de 1.78%, siendo *A. macrocarpa* la especie que tuvo mayor tasa de incremento. Finalmente, el incremento diamétrico anual varió entre 0.11 y 0.71 cm, siendo mayor en categorías de 50 a 60 cm de DAP. Los resultados apoyan el concepto que señala que los bosques secos tropicales son menos diversos y dinámicos que los bosques húmedos tropicales, y en su manejo debe considerarse su fragilidad y los problemas que tienen para su regeneración.

SECCION I

Introducción

Los bosques secos tropicales son considerados como los más frágiles debido a la lenta capacidad de regeneración y a la persistente amenaza de deforestación por causas naturales o antropogénicas. Debido a las condiciones de sequía que padecen los bosques secos, el reclutamiento de plántulas y las tasas de crecimiento son afectados y son menores a los de bosques tropicales húmedos. Asimismo, los bosques secos están sujetos a incendios forestales de gran magnitud debido a la acumulación de materia orgánica seca sin descomponer, aunque existen evidencias que estos bosques son menos susceptibles a estos eventos por las adaptaciones que tienen sus plantas (Pinard & Huffman 1997). Sin embargo, los incendios también son prácticas realizadas por agricultores para eliminar la cobertura forestal.

A pesar de estos factores negativos, los bosques secos de las tierras bajas en Bolivia están considerados entre los más diversos (Parker et al. 1993) y tienen gran potencial de uso por la gama de productos alimenticios (aquí se incluyen los animales) (Vásquez & Coimbra 1996, Rumiz et al. 2001), medicinales (Centurión & Kraljevic 1996) y maderables (Mostacedo et al. 2001). Además, hay un sinnúmero de especies endémicas de estos ambientes.

El manejo forestal de estos bosques, promovido por la nueva ley forestal (MDSP 1996) que rige desde hace algunos años, es una de las opciones para que éstos puedan permanecer a pesar del uso que se le dé. Sin embargo, es necesario tener información básica de la composición, estructura y dinámica de estos bosques para ajustar las normas técnicas (MDSP 1998) que regulan esta ley. A partir de la emisión de las normas técnicas, muchas preguntas han surgido, las cuales se deben responder con bases científicas. Por ejemplo, determinar los ciclos de corta y los diámetros mínimos de corta son aspectos que deben ser respondidos conociendo la ecología de un ecosistema o de las especies que la habitan.

En Bolivia, a pesar de existir varios estudios de composición y dinámica de especies de los bosques tropicales húmedos (Nebel et al. 2001, Poorter et al. 2001), existen pocos estudios sobre bosques tropicales secos. Los estudios sobre bosques secos bolivianos están concentrados en composición y diversidad (Saldías 1991, Parker et al. 1993, Uslar 1997, Killeen et al. 1998), mas no en la dinámica de los mismos.

Hace siete años, se instaló una parcela permanente de 1 hectárea en el bosque seco del Jardín Botánico de Santa Cruz, donde se realizó un estudio de composición y estructura del bosque. Esta parcela, con una diversidad menor a la de otros lugares en la región (Killeen et al. 1998),

está ubicada en un lugar protegido y con muchas ventajas logísticas para hacer estudios de la dinámica de este tipo de bosque. Después de siete años de la primera evaluación, esta parcela se utilizó para realizar un estudio sobre los cambios en el bosque y la dinámica de los árboles. Los objetivos de este estudio fueron: a) determinar los cambios en la composición y estructura del bosque, b) evaluar la regeneración natural y c) analizar el incremento en área basal, el crecimiento en diámetro, la tasa de mortandad y el reclutamiento.

SECCION II

Métodos

A. Area de estudio

El presente estudio fue realizado en el Jardín Botánico de Santa Cruz, ubicado a 12 km de la ciudad de Santa Cruz (17°47'S, 63°04'W). Aún no existe una estación meteorológica en la misma zona, sin embargo las estaciones más cercanas reportan una temperatura media anual de 24.3 °C y una precipitación media anual de 1122 mm (CORDECRUZ 1995). La época seca es de mayo a octubre (Saldías 1991).

En el Jardín Botánico se encuentran dos tipos de bosque: el bosque seco semideciduo y el bosque chaqueño estacionalmente anegable (Navarro 1997). El área de estudio se encuentra en un bosque seco semideciduo. La altura promedio de este bosque es de 20 m, pero existen árboles emergentes que llegan a los 25 m. Las especies abundantes son *Aspidosperma cylindrocarpon*, *Phyllostylon rhamnoides*, *Anadenanthera macrocarpa*, *Caesalpinia pluviosa*, *Achatocarpus nigricans*, *Gallesia integrifolia*, *Myrciaria cauliflora*, *Acacia paniculada*, *Bougainvillea modesta*, *Chrysophyllum gonocarpum* y *Triplaris americana* (Saldías 1991, Uslar 1997).

B. Diseño y recolección de datos

En el año 1995, se instaló una parcela permanente de 1 ha., la cual fue dividida en 25 sub-parcelas de 20x20 m. En la parcela permanente, los árboles se marcaron con placas de aluminio y se midieron los diámetros de individuos iguales o mayores a 10 cm de DAP (diámetro a la altura del pecho); además, se identificaron todas las especies presentes en la parcela.

En el año 2002, se realizó una segunda medición de los mismos parámetros anotados en la instalación de esta parcela. La ocasión se aprovechó también para reinstalar la parcela, ya que muchas demarcaciones de la misma y también algunas placas habían desaparecido. Asimismo, en la segunda evaluación se midieron otros parámetros como la infestación de bejucos y la posición de copa de cada planta, que no se habían tomado en cuenta en la primera medición. Para la infestación de bejucos se consideraron las siguientes categorías: 0, sin bejucos; 1, con bejucos en el fuste; 2, con bejucos en la copa pero que cubren parcialmente; y 3, con bejucos en la copa que cubren totalmente (Lowe & Walker 1977). Para la posición de la copa se utilizó una clasificación modificada a partir de Dawkins (1958), con la cual se caracterizó las copas como: 1, dominante; 2, codominante; y 3, suprimido. En esta segunda evaluación también se

adicionaron los nuevos individuos que ingresaron a la categoría de 10 cm o mayor. Al mismo tiempo, se tomaron en cuenta los individuos muertos.

En adición, para evaluar la regeneración natural dentro de las 25 sub-parcelas de 20x20m, se instalaron sub-parcelas de 20x10m, donde se evaluaron a plantas de 3 a 10 cm de DAP. En estas sub-parcelas de 20x10 se identificaron todas las especies, además de medirse su diámetro.

C. Análisis de datos

C1. Composición, estructura y regeneración natural

Se hicieron cálculos de la abundancia, frecuencia y área basal de las especies registradas en la parcela permanente y se compararon con los resultados del primer estudio. Para calcular la abundancia relativa por especie se utilizó la siguiente fórmula: $Ar = (Ai / \sum A) \times 100$, donde Ar es la abundancia relativa, Ai es la abundancia absoluta de la especie i , y $\sum A$ es la abundancia total de las especies.

Para obtener la frecuencia relativa se utilizó la siguiente fórmula:

$Fr = (Fi / \sum F) \times 100$, donde Fr es la frecuencia relativa para cada especie, Fi es la frecuencia absoluta de la especie i de cada especie en las sub-parcelas, y $\sum F$ es el número total de frecuencias absolutas para todas las especies.

El área basal fue calculada mediante el DAP, donde $AB = 0.7854 * DAP^2$. Para determinar la dominancia de las especies, se utilizó la siguiente fórmula:

$Dr = (ABi / \sum AB) \times 100$, donde Dr es la dominancia relativa para cada especie, ABi es la sumatoria del área basal de la especie i , y $\sum AB$ es la sumatoria total de las áreas basales de todas las especies. Al mismo tiempo se hicieron Cuadros de frecuencia en cada categoría con los datos de infestación de bejucos y con la posición de copas de las diferentes especies. También se evaluó la composición y la abundancia de la regeneración por clases diamétricas.

C2. Dinámica del bosque

Para el análisis de la dinámica del bosque se calcularon las tasas de mortandad y reclutamiento, y el aumento en área basal basándose en un modelo exponencial de incremento en tiempos continuos.

La tasa anual de mortandad fue calculada de la siguiente manera:

$$t_m = (\ln(N_o) - \ln(N_m)) / \Delta t$$

La tasa anual de reclutamiento:

$$r_r = (\ln(N_o - N_m + N_r) - \ln(N_o - N_m)) / \Delta t$$

La tasa anual de incremento del área basal:

$$r_g = (\ln(N_o - N_m + \Delta N) - \ln(N_o - N_m)) / \Delta t$$

Donde N_o es el número de individuos o área basal al comienzo del periodo Δt ; N_m es el número de individuos muertos en un área determinada, y N_r son los individuos que fueron reclutados en las diferentes categorías de área basal durante el periodo Δt , respectivamente; ΔN es el incremento del área basal de individuos sobrevivientes del periodo Δt (Nebel et al. 2001).

SECCION III

Resultados

A. Composición y estructura

Tanto en la diversidad como en la abundancia, existe una diferencia entre la primera y la segunda evaluación. Durante los siete años, la parcela permanente tuvo una disminución en el número de especies y en el número de individuos; sin embargo hubo un aumento en el área basal de 479.6 cm² a 537.7 cm² (Cuadro 1). La familia más diversa y abundante fue la Leguminosae. Las familias Apocynaceae y Myrtaceae fueron las segundas más abundantes. Las especies más abundantes y frecuentes, tanto en el año 1995 como en el año 2002, fueron: *Aspidosperma cylindrocarpon*, *Myrciaria cauliflora*, *Phyllostylon rhamnoides* y *Caesalpinia pluviosa*. Las especies dominantes, de acuerdo a su área basal, fueron *Anadenanthera macrocarpa* y *Gallesia integrifolia* (Cuadro 2).

Cuadro 1. Características de un bosque seco semidecíduo de Santa Cruz, Bolivia. Los datos son de una parcela permanente de 1 ha evaluada dos veces (1995 y 2002).

Características	1995	2002
No. de individuos	549	503
No. de familias	20	18
No. de especies	31	28
Promedio área basal (cm ²)	479.6	537.7

Respecto a la posición de la copa de los árboles, de los 503 individuos registrados en el año 2002 con diámetro igual o mayor a 10 cm DAP, el 12.5% de los árboles son dominantes, 44.1% son codominantes y el 43.3% son suprimidos. Entre las especies con copa dominante están *Cordia alliodora*, *Swartzia jorori* y *Anadenanthera macrocarpa*. Las especies co-dominantes son *Acacia glomerosa*, *Agonandra excelsa*, *Lonchocarpus* sp., *Pisonia zapallo*, *Gallesia integrifolia*, *Aspidosperma cylindrocarpon* y *Tabebuia impetiginosa*. Finalmente, entre las especies con copa suprimida están *Casearia sylvestris*, *Chorisia speciosa*, *Eugenia* sp., *Maytenus* sp., *Ximenia americana*, *Ziziphus guaranítica*, *Myrciaria cauliflora*, *Diplokeleba floribunda*, *Machaerium latifolium* y *Capparis retusa* (Cuadro 3).

Cuadro 2. Lista de las 10 especies con mayor abundancia de individuos (AA), mejor distribución en la parcela (FA) y mayor dominancia de área basal (D) en un bosque seco semideciduo del Jardín Botánico de Santa Cruz, Bolivia.

Especie	1995				2002			
	AA	FA	AB (m ²)	D	AA	FA	AB (m ²)	D
<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i>	105	24	3.7	13.88	99	24	3.9	14.29
<i>Myrciaria cauliflora</i>	90	21	1.1	4.06	91	22	1.2	4.35
<i>Phyllostylon rhamnoides</i>	85	24	2.2	8.49	79	24	2.3	8.59
<i>Caesalpinia pluviosa</i>	53	24	3.7	14.09	48	21	3.8	14.16
<i>Gallesia integrifolia</i>	43	18	4.3	16.47	41	18	4.9	18.21
<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	40	21	4.5	16.97	38	20	5.1	18.78
<i>Achatocarpus nigricans</i>	33	13	0.6	2.29	26	12	0.5	2.00
<i>Bougainvillea modesta</i>	26	12	3.5	13.28	22	12	2.6	9.62
<i>Capparis retusa</i>	12	10	0.2	0.86	11	9	0.2	0.78
<i>Casearia gossypiosperma</i>	6	6	0.1	0.44	5	5	0.1	0.39
Otros	56	48	2.4	9.16	43	37	2.4	8.83
TOTAL	549	221	26.3	100.00	503	204	27.0	100.00

Cuadro 3. Porcentaje de individuos en las diferentes categorías de posición de copa, en una parcela permanente de una hectárea en el Jardín Botánico de Santa Cruz, Bolivia.

Especies	Porcentaje de individuos		
	Dominante (1)	Codominante (2)	Suprimido (3)
<i>Acacia glomerosa</i>	0.00	100.00	0.00
<i>Achatocarpus nigricans</i>	3.85	30.77	65.38
<i>Agonandra excelsa</i>	0.00	100.00	0.00
<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	63.16	34.21	2.63
<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i>	5.05	66.67	28.28
<i>Bougainvillea modesta</i>	0.00	59.09	40.91
<i>Caesalpinia pluviosa</i>	31.25	54.17	14.58
<i>Capparis retusa</i>	0.00	27.27	72.73
<i>Casearia gossypiosperma</i>	20.00	40.00	40.00
<i>Casearia sylvestris</i>	0.00	0.00	100.00
<i>Ceiba samauma</i>	50.00	25.00	25.00
<i>Chorisia speciosa</i>	0.00	0.00	100.00
<i>Cordia alliodora</i>	100.00	0.00	0.00
<i>Diplokeleba floribunda</i>	0.00	25.00	75.00
<i>Eugenia</i> sp.	0.00	0.00	100.00
<i>Gallesia integrifolia</i>	12.20	73.17	14.63
<i>Lonchocarpus</i> sp.	0.00	100.00	0.00
<i>Machaerium latifolium</i>	0.00	25.00	75.00
<i>Maytenus</i> sp.	0.00	0.00	100.00
<i>Myrciaria cauliflora</i>	3.30	12.09	84.62
<i>Phyllostylon rhamnoides</i>	2.53	41.77	55.70
<i>Piptadenia</i> sp.	0.00	50.00	50.00
<i>Pisonia zapallo</i>	0.00	75.00	25.00
<i>Sorocea saxicola</i>	0.00	50.00	50.00
<i>Swartzia jorori</i>	66.67	33.33	0.00
<i>Tabebuia impetiginosa</i>	33.33	66.67	0.00
<i>Ximenia americana</i>	0.00	0.00	100.00
<i>Ziziphus guaranítica</i>	0.00	0.00	100.00

La mayoría de los árboles (76.5 %) registrados en el 2002 presenta lianas en el fuste y/o copa. De este porcentaje, el 12% estuvieron infestados solamente en el fuste de los árboles, mientras que el 80% tenían bejucos tanto en el fuste como parcialmente en la copa. Solamente el 7.5% de los árboles tenían la copa totalmente cubierta de bejucos. Apenas cuatro especies no estuvieron infestadas de bejucos (*Acacia glomerosa*, *Agonandra excelsa*, *Cordia alliodora* y *Eugenia* sp.). Al contrario, *Diplokeleba floribunda* y *Sorocea saxicola* presentaron el mayor porcentaje de infestación de bejucos, puesto que el 25 % de los individuos de estas especies tenían la copa totalmente cubierta de bejucos (Cuadro 4).

Cuadro 4. Porcentaje de individuos en cada categoría de infestación de bejucos: (0) libre de bejucos, (1) presencia de bejucos en el fuste, (2) presencia leve de bejucos en el fuste y la copa y (3) presencia completa de bejucos en el fuste y la copa o en la copa en un bosque seco semideciduo del Jardín Botánico de Santa Cruz, Bolivia.

Especies	Porcentaje de individuos			
	0	1	2	3
<i>Acacia glomerosa</i>	100.00	0.00	0.00	0.00
<i>Achatocarpus nigricans</i>	42.31	15.38	42.31	0.00
<i>Agonandra excelsa</i>	100.00	0.00	0.00	0.00
<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	36.84	21.05	42.11	0.00
<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i>	21.21	7.07	64.65	7.07
<i>Bougainvillea modesta</i>	18.18	4.55	72.73	4.55
<i>Caesalpinia pluviosa</i>	31.25	6.25	60.42	2.08
<i>Capparis retusa</i>	9.09	27.27	45.45	18.18
<i>Casearia gossypiosperma</i>	40.00	20.00	40.00	0.00
<i>Casearia sylvestris</i>	0.00	0.00	100.00	0.00
<i>Ceiba samauma</i>	0.00	50.00	50.00	0.00
<i>Chorisia speciosa</i>	50.00	50.00	0.00	0.00
<i>Cordia alliodora</i>	100.00	0.00	0.00	0.00
<i>Diplokeleba floribunda</i>	25.00	0.00	50.00	25.00
<i>Eugenia</i> sp.	100.00	0.00	0.00	0.00

Especies	Porcentaje de individuos			
	0	1	2	3
<i>Gallesia integrifolia</i>	19.51	14.63	63.41	2.44
<i>Lonchocarpus</i> sp.	33.33	0.00	66.67	0.00
<i>Machaerium latifolium</i>	25.00	0.00	75.00	0.00
<i>Maytenus</i> sp.	0.00	0.00	100.00	0.00
<i>Myrciaria cauliflora</i>	30.77	6.59	56.04	6.59
<i>Phyllostylon rhamnoides</i>	3.80	2.53	82.28	11.39
<i>Piptadenia</i> sp.	0.00	0.00	100.00	0.00
<i>Pisonia zapallo</i>	25.00	0.00	75.00	0.00
<i>Sorocea saxicola</i>	0.00	25.00	50.00	25.00
<i>Swartzia jorori</i>	0.00	33.33	66.67	0.00
<i>Tabebuia impetiginosa</i>	33.33	0.00	66.67	0.00
<i>Ximenia americana</i>	0.00	0.00	100.00	0.00
<i>Ziziphus guaranitica</i>	0.00	100.00	0.00	0.00

B. Regeneración natural y dinámica del bosque

B1. Distribución diamétrica

La distribución diamétrica del total de individuos tuvo un patrón de “J” invertida, lo que indica que se encontró un mayor número de individuos en las categorías menores y un menor número en las categorías mayores (Figura 1). Este patrón fue similar en diferentes años de evaluación.

En las especies con suficientes individuos para analizar la distribución diamétrica, se pudo observar dos diferentes patrones (Figura 2). El primer patrón lo componen las especies que tienen una distribución de “J” invertida donde hay mayor número de individuos en las categorías menores. Ejemplos de este patrón son *Achatocarpus nigricans*, *Bougainvillea modesta*, *Caesalpinia pluviosa* y *Myrciaria cauliflora*. Si bien *Aspidosperma cylindrocarpon* y *Phyllostylon rhamnoides* presentan pocos individuos en la categoría de 3 a 10 cm de DAP, estas especies tienden a tener un gran número de individuos a partir de los 10 cm de DAP. El segundo patrón lo conforman las especies que tienen más individuos en categorías diamétricas intermedias. Ejemplos de este patrón son *Anadenanthera macrocarpa* y *Gallesia integrifolia*. Cabe resaltar que estos patrones fueron similares en las dos evaluaciones.

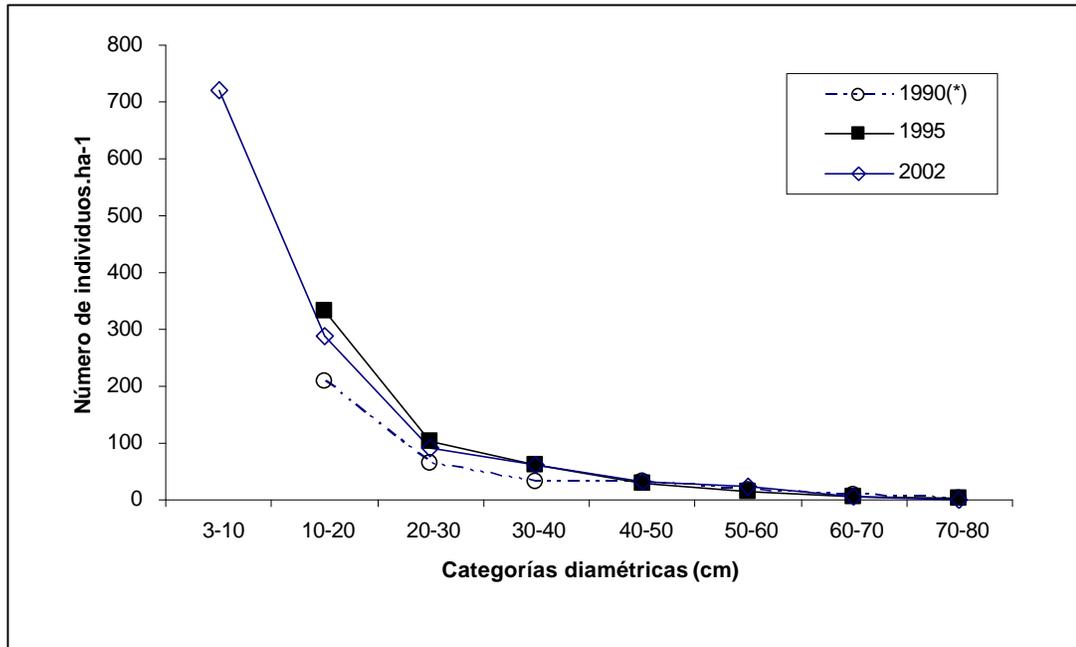


Figura 1. Distribución diamétrica del número de individuos en el bosque seco semideciduo del Jardín Botánico, realizada en el año 1995 y 2002. (*) Los datos del año 1990 corresponden a una parcela evaluada por Saldías (1991) a 1 Km de distancia al sur de la parcela permanente utilizada para este estudio.

B2. Mortandad y Reclutamiento

La tasa de mortandad anual de árboles fue de 1.98%. Solo 18 especies tuvieron diferentes grados de mortandad. *Cecropia concolor*, *Chrysophyllum gonocarpum* y *Simira boliviana* fueron las especies que tuvieron el mayor porcentaje (100%) de mortandad, seguidas de *Ximenia americana* (22.9%), *Acacia glomerata* (19.8%) y *Cordia alliodora* (15.7%) (Cuadro 5).

La tasa anual de reclutamiento fue de 0.73%. Sólo 10 especies reclutaron entre 1 y 11 individuos. *Chorisia speciosa*, *Cordia alliodora*, *Ximenia americana*, *Casearia gossypiosperma* y *Myrciaria cauliflora* fueron las especies con mayores tasas de reclutamiento (Cuadro 5).

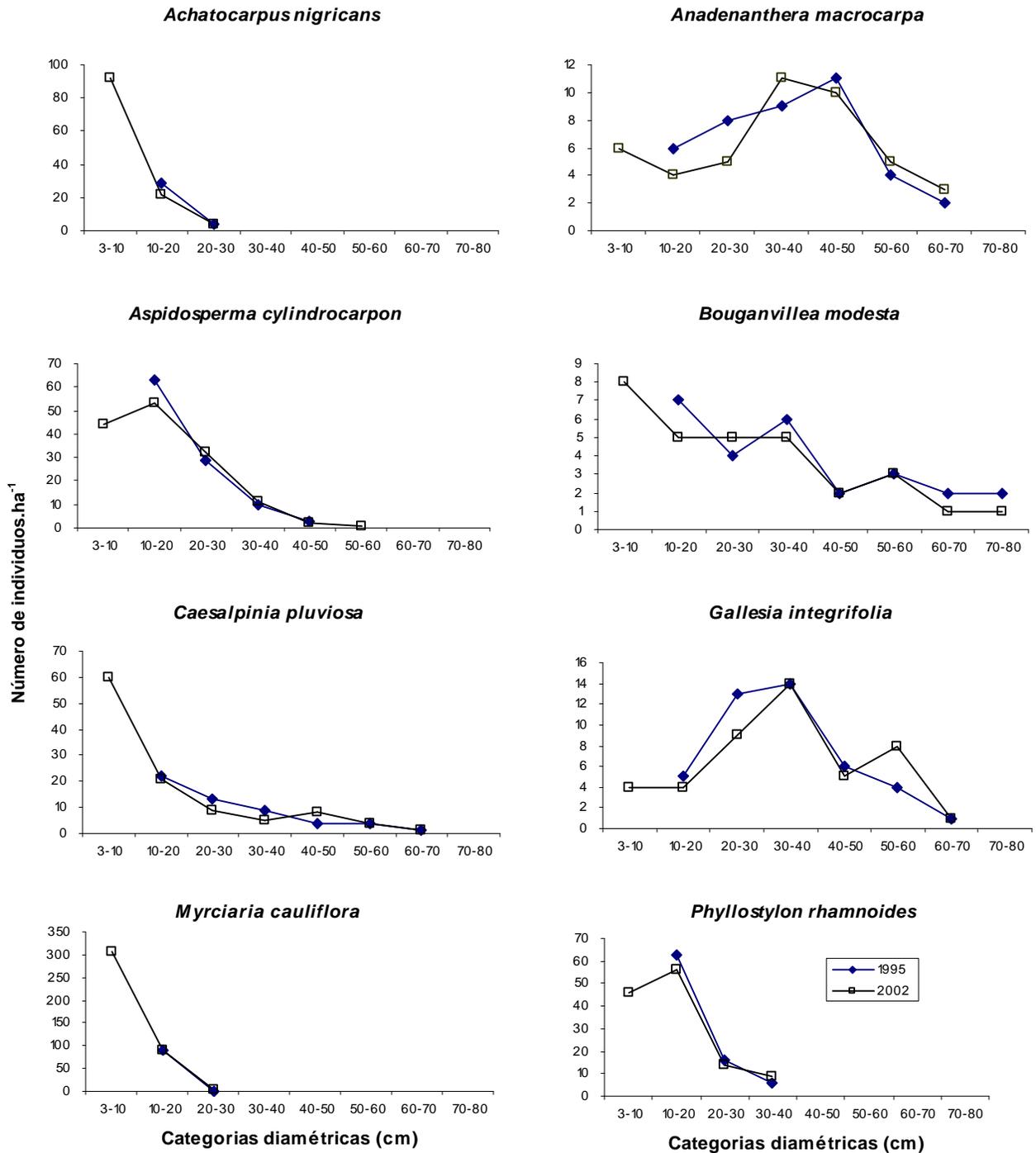


Figura 2. Distribución diamétrica del número de individuos para especies arbóreas en el año 1995 y 2002 en el bosque seco semidecíduo del Jardín Botánico de Santa Cruz.

Cuadro 5. Mortandad y reclutamiento de individuos en las diferentes especies registradas en una parcela en un bosque seco semideciduo del Jardín Botánico de Santa Cruz, Bolivia, después de 7 años.

Especie	No. de Individuos		Mortandad		Reclutamiento	
	1995	Absoluta	Tasa (%)	Absoluto	Tasa (%)	
<i>Cecropia concolor</i>	2	2	100.00	-	-	
<i>Chrysophyllum gonocarpum</i>	1	1	100.00	-	-	
<i>Simira boliviana</i>	2	2	100.00	-	-	
<i>Ximenia americana</i>	5	4	22.99	1	9.90	
<u><i>Acacia glomerosa</i></u>	4	3	19.80	-	-	
<i>Cordia alliodora</i>	3	2	15.69	1	9.90	
<i>Eugenia</i> sp.	2	1	9.90	-	-	
<i>Casearia gossypiosperma</i>	6	2	5.79	1	3.19	
<i>Achatocarpus nigricans</i>	33	8	3.97	1	0.56	
<i>Machaerium latifolium</i>	5	1	3.19	-	-	
<i>Bougainvillea modesta</i>	26	4	2.39	-	-	
<i>Caesalpinia pluviosa</i>	53	7	2.02	2	0.61	
<i>Myrciaria cauliflora</i>	90	10	1.68	11	1.84	
<i>Phyllostylon rhamnoides</i>	85	9	1.60	3	0.55	
<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i>	105	9	1.28	3	0.44	
<u><i>Capparis retusa</i></u>	12	1	1.24	-	-	
<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	40	3	1.11	1	0.38	
<i>Gallesia integrifolia</i>	43	2	0.68	-	-	
<i>Chorisia speciosa</i>	1	-	-	1	9.90	
Otros	31	-	-	-	-	
Totales	549	71	1.98	25	0.73	

B3. Incremento del área basal

La tasa anual del incremento de área basal para 478 árboles fue de 1.78%, con un incremento de DAP promedio de 0.20 cm y un error estándar de 0.02 cm. *Anadenanthera macrocarpa*, *Gallesia integrifolia*, *Caesalpinia pluviosa* y *Myrciaria cauliflora* fueron las especies con tasas altas de incremento (Cuadro 6).

El incremento diamétrico promedio anual por clases diamétricas varió entre 0.11 y 0.71 cm, siendo mayor en la categoría de 50-60 cm de DAP, disminuyendo en la categoría de 60-70 (error estándar = 0.18), para luego volver a incrementar en la posterior categoría. Sin embargo, cada especie tuvo un el incremento diamétrico diferente. Por ejemplo, *Anadenanthera macrocarpa* tuvo un incremento diamétrico similar en la mayoría de las clases diamétricas, mientras que en

Aspidosperma cylindrocarpon, *Bougainvillea modesta*, *Cesalpinia pluviosa*, *Gallesia integrifolia* el incremento fue más notable a partir de los 40 cm de DAP (Figura 3).

Cuadro 6. Incremento del área basal de las principales especies con más de 5 individuos igual o mayores a 10 cm de DAP, en 7 años.

Especies	Número de individuos	Crecimiento del Área Basal (cm ²)		Incremento de DAP (cm por año)	
		Crecimiento Absoluto	Tasa (%)	Promedios	Error Estándar
<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	37	7745.23	2.37	0.52	0.06
<i>Gallesia integrifolia</i>	41	6554.52	2.04	0.36	0.12
<i>Caesalpinia pluviosa</i>	46	4627.33	1.85	0.30	0.04
<i>Myrciaria cauliflora</i>	80	1230.18	1.75	0.10	0.02
<i>Phyllostylon rhamnoides</i>	76	2257.00	1.49	0.12	0.02
<i>Capparis retusa</i>	11	205.95	1.46	0.11	0.04
<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i>	96	3286.62	1.28	0.13	0.01
<i>Achatocarpus nigricans</i>	25	438.87	1.23	0.11	0.02
<i>Bougainvillea modesta</i>	22	2039.40	1.17	0.20	0.04

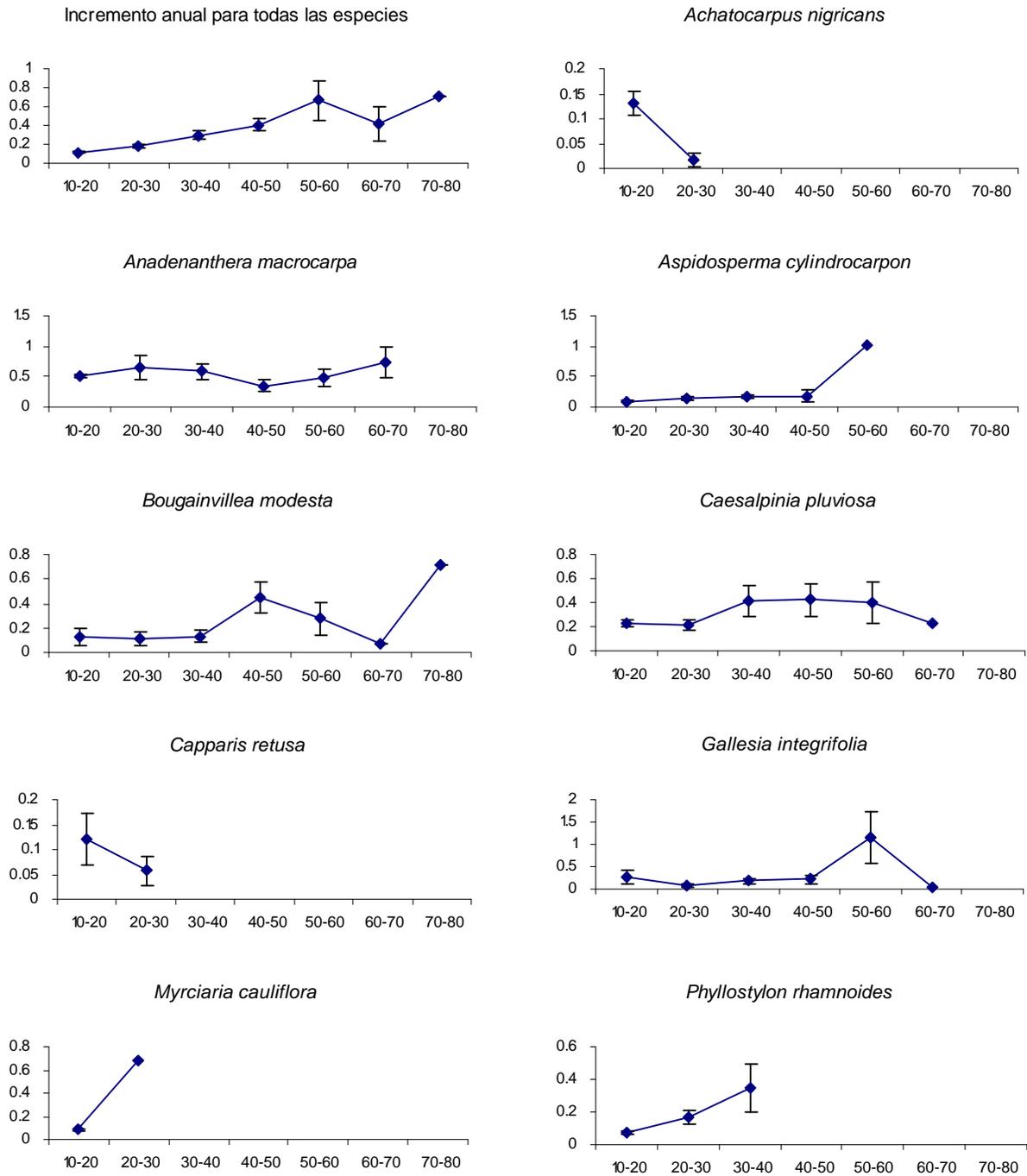


Figura 3. Incremento diamétrico promedio anual por categorías diamétricas para todas las especies y para las especies más abundantes en una parcela permanente de una hectárea en el bosque seco semidecíduo del Jardín Botánico de Santa Cruz.

SECCION IV

Discusión

A. Composición y estructura

Los resultados encontrados acerca de la composición en este estudio concuerdan, en muchos aspectos, con los encontrados por otros autores en otros bosques secos. Por ejemplo, varios autores (Gentry 1995, Gillespie et al. 2000) hacen notar que la familia de árboles más dominantes de los bosques secos neotropicales es la familia Fabaceae (arbustos y árboles); resultado similar al encontrado con este estudio. Asimismo, muchas especies son dominantes. En el presente estudio se encontró que la Fabaceae fue una de las familias más abundantes en individuos arbóreos. Sin embargo, cinco familias tuvieron sólo un individuo y una especie representante, entre las cuales la familia Boraginaceae y Rhamnaceae corresponden a árboles mayores a 15 m de altura y las otras tres familias a árboles menores a 8 m de altura.

Comparando el presente estudio con otros estudios de bosques secos de Centro y Sud América (Cuadro 7), se observa que la riqueza de especies del Jardín Botánico está entre las más bajas. Inclusive, los muestreos realizados en otras áreas del Jardín Botánico (Saldías 1991, Parker et al. 1993) indican que la parcela muestreada para este estudio tiene menor riqueza de especies. Es posible que la baja diversidad se deba a que este bosque está en transición al bosque chaqueño, mientras que las otras áreas muestreadas son áreas con bosque alto.

Cuadro 7. Sumario de riqueza florística de bosques secos Neotropicales.
(* = Árboles y arbustos mayores a 2.5 cm DAP, (**) = Árboles mayores a 10 cm DAP

Lugar	No. de especies	Superficie ha	Referencias
Cacocente, Nicaragua	43*	0.1	Gillespie et al. 2000
Cosiguina, Nicaragua	38*	0.1	Gillespie et al. 2000
La Flor, Nicaragua	45*	0.1	Gillespie et al. 2000
Masaya, Nicaragua	33*	0.1	Gillespie et al. 2000
Ometepe, Nicaragua	27*	0.1	Gillespie et al. 2000
Palo Verde, Costa Rica	48*	0.1	Gillespie et al. 2000
Santa Rosa, Costa Rica	54*	0.1	Gillespie et al. 2000
Chamela (Upland 1), México	31**	0.1	Lott et al. 1987
Chamela (Upland 2), México	28**	0.1	Lott et al. 1987
Chamela (Arroyo), México	49**	0.1	Lott et al. 1987
El Pepiche, Ecuador	25**	1	Josse and Balslev 1994
Isla Puna, Ecuador	18**	1	Madsen 1991, citado por Josse and Balslev 1994
Guanica, Puerto Rico	9**	1	Murphy and Lugo 1986
Jardín Botánico, Bolivia	34**	1	Saldías 1991
Jardín Botánico, Bolivia	38*	0.1	Parker et al. 1993
Jardín Botánico, Bolivia	31**	1	Uslar 1997
Jardín Botánico, Bolivia	28**	1	Presente estudio
Lomerio, Bolivia	50**	1	Killeen et al. 1998

La disponibilidad de luz es uno de los factores importantes para el crecimiento y el establecimiento de muchas especies arbóreas. Una forma de determinar esta disponibilidad es midiendo la posición de la copa respecto al sol (Dawkins 1958), lo cual da una idea de la estructura de cada especie en el bosque. La mayoría de las especies son codominantes y muy pocas especies llegan a ser dominantes en este bosque. Este mismo resultado fue encontrado en un bosque seco de la Chiquitanía (Killeen et al. 1998). *Anadenanthera macrocarpa* y *Swartzia jorori* son las especies con una mayoría de individuos que dominan el bosque. Al contrario, aunque todos los individuos de *Cordia alliodora* aparecen como dominantes, en el campo se ha observado que esta especie se encuentra en lugares abiertos. Finalmente, *Phyllostylon rhamnoides* tiene árboles grandes, pero en este bosque la mayoría de sus individuos se encontraron como suprimidos, junto con otras especies de porte pequeño tales como *Casearia sylvestris*, *Eugenia* sp. y *Ximenia americana*.

Respecto a la infestación de bejucos, alrededor del 75% de los árboles mayores a 10 cm de DAP estuvieron infestados por bejucos. Similar resultado (77%) fue encontrado en otro bosque seco en Las Trancas, Bolivia (Carse et al. 2000). Otros bosques sub-húmedos tuvieron también altos porcentajes de árboles infestados (Pérez-Salicrup 1998, Alvira 2002). El porcentaje de árboles infestados en el Jardín Botánico, además de otros bosques secos y sub-húmedos en Bolivia, es alto comparado con lo encontrado en bosques tropicales húmedos. Por ejemplo, en Sabah y Costa Rica (Clark & Clark 1990, Campbell & Newbery 1993) se encontró entre 57 a 58% de árboles infestados de bejucos.

Los bejucos se constituyen un problema serio, debido al efecto negativo que tienen en la tasa de crecimiento de los árboles y en la producción de semillas (Putz 1991). Aunque existe poca información del efecto negativo de los bejucos, es de suponer que especies o individuos con alto porcentaje de bejucos tienen mayores desventajas (Stevens 1987). En este sentido, algunas especies como *Aspidosperma cylindrocarpon*, *Capparis retusa*, *Diplokeleba floribunda* y *Phyllostylon rhamnoides* tienen mayores problemas. Tanto *A. cylindrocarpon* como *P. rhamnoides*, dos especies maderables, tuvieron altos grados de infestación de bejucos en otro bosque seco de Bolivia (Carse et al. 2000). Si se quiere utilizar y manejar este o un bosque similar, por ejemplo con fines de aprovechamiento de madera, las especies mencionadas anteriormente deberían ser las primeras en recibir tratamientos silviculturales. Estas prácticas pueden consistir en el corte de bejucos con dos finalidades: primero, evitar la caída de otros árboles vecinos y, segundo, eliminar bejucos de tal forma que se favorezca el crecimiento de árboles jóvenes (Vidal et al. 1997, Pérez-Salicrup 1998).

B. Regeneración natural

La información proporcionada sobre regeneración natural en el presente informe se basa en el número de individuos en diferentes categorías diamétricas, lo que muestra el estado de los individuos jóvenes en relación a los adultos. En general, el bosque seco semideciduo del Jardín Botánico tiene buena regeneración, ya que hay más individuos jóvenes que adultos (Figura 1). Este patrón parece mantenerse a través de los años y es posible que el bosque sea más dinámico en comparación con un bosque similar en la misma área (Saldías 1991), ya que el número de individuos jóvenes es mucho mayor en la parcela permanente utilizada para este estudio, comparado con la parcela utilizada por Saldías (1991).

Por otro lado, aunque sólo se analizaron pocas especies detalladamente, esta información muestra que existen dos patrones de regeneración natural. El primero es que varias especies en este bosque tienen una estructura poblacional que indica que éstas tienen buena regeneración (ejemplos: *Achatocarpus nigricans* y *Caesalpinia pluviosa*) (Figura 2). El segundo patrón se refiere a que otras especies tienen una distribución atípica del número de individuos en relación a las categorías diamétricas. En este caso, la mayor cantidad de individuos se encuentra en las categorías intermedias y existen pocos individuos en las categorías inferiores y superiores (ejemplos: *Anadenanthera macrocarpa* y *Gallesia integrifolia*) (Figura 2).

Los patrones de regeneración pueden o no mantenerse de igual manera en otros lugares y dependerá más del tipo de uso que estén recibiendo estos bosques o especies. Por ejemplo, *Caesalpinia pluviosa*, *Aspidosperma cylindrocarpon* y *Phyllostylon rhamnoides* tienen similar estructura poblacional tanto en el bosque estudiado como en el bosque seco de Las Trancas (Killeen et al. 1998). En cambio, *Anadenanthera macrocarpa* y *Gallesia integrifolia* tienen mayor número de individuos en categorías diamétricas menores en Las Trancas (Killeen et al. 1998), cosa que no ocurre en el Jardín Botánico.

Finalmente, es importante notar que la estructura poblacional de algunas especies fue similar a través de los años (Figura 1). Probablemente, esto se debe a que este lugar no ha sufrido grandes perturbaciones, las cuales pueden cambiar rotundamente las curvas de las estructuras poblacionales (Fredericksen & Mostacedo 2000).

C. Mortalidad, reclutamiento e incremento diamétrico

La tasa anual de mortandad de los árboles en bosques tropicales normalmente oscila entre 1 y 3% (Nebel et al. 2001, Asquith 2002). Los bosques tropicales húmedos generalmente presentan tasas de mortandad más altas que los bosques secos; esto probablemente se debe a que los bosques tropicales son más dinámicos (Phillips et al. 1998). Por ejemplo, Poorter et al. (2001)

obtuvieron tasas de 2.1% para un bosque amazónico boliviano, mientras que Nebel et al. (2002) obtuvieron tasas entre 2.2 y 3.2% en un bosque amazónico peruano. En cambio, la tasa anual de mortandad en bosques secos puede oscilar entre 1.7 y 2.3% (Swaine et al. 1987, Swaine et al. 1990). La tasa de mortandad obtenida en el bosque seco del Jardín Botánico parece ser intermedia (1.98%) considerando el rango obtenido en otros bosques secos. Las altas tasas de mortandad fueron principalmente para especies pioneras y también para especies del dosel inferior. La muerte de especies pioneras se debe, seguramente, al propio dinamismo de éstas en relación al bosque, mientras que las especies del dosel inferior probablemente fueron afectadas por perturbaciones humanas.

La tasa de reclutamiento de 0.73% es baja comparada con los datos que obtuvieron Swaine et al. (1990) en un bosque tropical seco (1.51%/año) y Nebel et al. (2001) en un bosque húmedo (2.99-4.57% por año). Es predecible que los bosques secos tengan tasas bajas de reclutamiento debido a que las tasas de crecimiento también son bajas. Sin embargo, hay especies de árboles que han tenido tasas de reclutamiento muy altas (cerca de 10%) y están asociadas con especies demandantes de luz. Por ejemplo, *Chorisia speciosa* y *Cordia alliodora* se reclutan más rápido que otras especies.

Respecto al incremento diamétrico, comparado con otros estudios en bosques húmedos (3-4.5 mm/año) (Valerio 1997, Nebel et al. 2001, Peralta & Tejerina 2002), los bosques secos tienen incrementos bajos (1-2 mm/año) (Murphy 1986). El bosque seco del Jardín Botánico tiene un incremento diamétrico bajo. Por otro lado, el incremento diamétrico aumenta según va aumentando el tamaño de los árboles. Es decir, árboles pequeños tienen incrementos bajos y árboles grandes tienen incrementos altos. Sin embargo, la variación de tasas de incremento es mayor en árboles grandes en comparación con los árboles pequeños (Figura 2).

Conclusiones

- El bosque seco del Jardín Botánico tiene un promedio de 526 individuos/ha mayor a los 10 cm de DAP, 29 especies y 508.6 cm² de área basal por árbol.
- De acuerdo a la posición de copas, la mayoría de los árboles mayores a los 10 cm de DAP están dentro de la categoría de co-dominantes.
- Más del 75% de los árboles están infestados con bejucos, aunque de éstos un pequeño porcentaje tiene las copas totalmente infestadas de bejucos. La infestación de bejucos es una de las más altas en bosques tropicales.
- La tasa anual de mortandad de árboles fue de 1.98%, siendo *Cecropica concolor*, *Chrysophyllum gonocarpum* y *Simira boliviana* las especies que presentaron un 100% de mortandad. Por su parte, la tasa anual de reclutamiento fue de 0.78%.
- El incremento diamétrico de área basal promedio fue de 1.78% y el incremento de DAP fue de 0.20 cm. La variación fue grande analizando las especies por separado.
- Los resultados apoyan el hecho que los bosques secos tropicales son menos diversos y dinámicos que los bosques húmedos tropicales, por lo que en su manejo debe considerarse su fragilidad y los problemas que tienen para la regeneración.

SECCION VI

Referencias bibliográficas

- Alvira, D. 2002. Liana loads and post-logging liana densities after liana cutting in a lowland forest in Bolivia. Master Thesis. University of Florida, Gainesville, Florida, USA.
- Asquith, N. M. 2002. La dinámica del bosque y la diversidad arbórea. Pp. 377-406. En: G. H. Kattan (Ed.). *Ecología y conservación de bosques neotropicales*. Libro Universitario Regional, Cartago, Costa Rica.
- Campbell, E. J. F. & D. M. Newbery. 1993. Ecological Relationships between Lianas and Trees in Lowland Rain-Forest in Sabah, East Malaysia. *Journal of Tropical Ecology* **9**:469-490.
- Carse, L. E., T. S. Fredericksen & J. C. Licona. 2000. Liana-tree species associations in a Bolivian dry forest. *Tropical Ecology* **41**:1-10.
- Centurión, T. R. & I. J. Kraljevic (Eds.). 1996. *Las Plantas Útiles de Lomerío*. Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.
- Clark, D. B. & D. A. Clark. 1990. Distribution and effects on tree growth of lianas and woody hemiepiphytes in a Costa Rican Tropical Wet Forest. *Journal of Tropical Ecology* **6**:321-331.
- CORDECRUZ. 1995. *Anuario Meteorológico de Santa Cruz*. Corporación Regional del Departamento de Santa Cruz, Santa Cruz, Bolivia.
- Dawkins, H. C. 1958. The Management of Tropical High Forest with Special Reference to Uganda. *in* Imperial Forestry Institute Paper No 34. University of Oxford.
- Fredericksen, T. S. & B. Mostacedo. 2000. Regeneration of timber species following selection logging in a Bolivian tropical dry forest. *Forest Ecology and Management* **131**:47-55.
- Killeen, T. J., A. Jardim, F. Mamani & N. Rojas. 1998. Diversity, composition and structure of a tropical semideciduous forest in the Chiquitania region of Santa Cruz, Bolivia. *Journal of Tropical Ecology* **14**:803-827.
- Lowe, C., and P. Walker. 1977. Classification of canopy, stem, crown status and climber infestation in natural tropical forest in Nigeria. *Journal of Applied Ecology* **14(3)**:897-903.
- MDSP. 1996. Nueva Ley Forestal. Ley No 1700, Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación, La Paz, Bolivia.
- MDSP. 1998. Normas técnicas para la elaboración de instrumentos de manejo forestal (inventarios, planes de manejo, planes operativos, mapas) en propiedades privadas o concesiones con superficies mayores a 200 hectáreas. Resolución Ministerial No 248/98, Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación, La Paz, Bolivia.
- Mostacedo, B., J. Justiniano, M. Toledo & T. S. Fredericksen. 2001. *Guía Dendrológica de Especies Forestales de Bolivia*. Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.

- Murphy, P. G. 1986. Ecology of tropical dry forest. *Annual Review of Ecology and Systematic* **17**:67-88.
- Navarro, G. 1997. Contribución a la clasificación ecológica y florística de los bosques de Bolivia. *Revista Boliviana de Ecología y Conservación* **2**:3-37.
- Nebel, G., L. P. Kvist, J. K. Vanclay & H. Vidaurre. 2001. Forest dynamics in flood plain forests in the Peruvian Amazon: effects of disturbance and implications for management. *Forest Ecology and Management* **150**:79-92.
- Parker, T. A., A. H. Gentry, R. B. Foster, L. H. Emmons & J. V. Remsen. 1993. The lowland dry forests of Santa Cruz, Bolivia: A global conservation priority. Conservation International, Rapid Assessment Program Working Paper No 5, Washington, D. C.
- Peralta, R. & E. Tejerina. 2002. Proyección preliminar del crecimiento y evaluación de la tasa de aprovechamiento de las especies maderables comerciales en la Concesión de IMAPA S. A. Documento Técnico # 5, Proyecto de Manejo Forestal Sostenible de Pando, Cobija, Pando, Bolivia.
- Pérez-Salicrup, D. R. 1998. Effects of liana cutting on trees and tree seedlings in a tropical forest in Bolivia. Ph. D. Thesis. University of Missouri, St. Louis.
- Phillips, L., V. P. Nuñez & M. E. Timana. 1998. Tree mortality and collecting botanical vouchers in tropical forests. *Biotropica* **30**:298-305.
- Pinard, M. A., & J. Huffman. 1997. Fire resistance and bark properties of trees in a seasonally dry forest in eastern Bolivia. *Journal of Tropical Ecology* **13**:727-740.
- Poorter, L., R. G. A. Boot, Y. Hayashida-Oliver, J. Leigue-Gomez, M. Peña-Claros & P. A. Zuidema. 2001. Estructura y dinámica de un bosque húmedo tropical en el norte de la amazonía boliviana. Informe Técnico No.2, Programa Manejo de Bosques de la Amazonía Boliviana, Riberalta, Beni, Bolivia.
- Putz, F. 1991. Silvicultural effects of lianas. Pages 493-501 *en* H. A. Mooney (Ed.). *Biology of vines*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Rumiz, D., D. Guinart, L. R. Solar, and F. J. C. Herrera. 2001. Logging and hunting in community forests and corporate concessions. Pp. 333-357. *En*: R. Fimbel, A. Grajal, & J. G. Robinson (Eds.). *The Cutting Edge: Conserving Wildlife in Logged Tropical Forests*. Columbia University Press, New York, USA.
- Saldías, M. 1991. Inventario en el Bosque Alto del Jardín Botánico de Santa Cruz, Bolivia. *Ecología en Bolivia* **17**:31-41.
- Stevens, G. C. 1987. Lianas as Structural Parasites - the *Bursera-Simaruba* Example. *Ecology* **68**:77-81.
- Swaine, M. D., J. B. Hall & I. J. Alexander. 1987. Tree Population-Dynamics at Kade, Ghana (1968-1982). *Journal of Tropical Ecology* **3**:331-345.
- Swaine, M. D., D. Lieberman & J. B. Hall. 1990. Structure and Dynamics of a Tropical Dry Forest in Ghana. *Vegetatio* **88**:31-51.

- Uslar, Y. V. 1997a. Estructura, Composición y Sucesión del Bosque Sub-húmedo Semideciduo de Llanura en el Jardín Botánico de Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, Santa Cruz, Bolivia.
- Valerio, J. 1997. Crecimiento y Rendimiento. Documento Técnico # 51, Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.
- Vásquez, R. & G. Coimbra. 1996. Frutas Comestibles de Santa Cruz. Gobierno Municipal de Santa Cruz de la Sierra., Santa Cruz, Bolivia.
- Vidal, E., J. Johns, J. J. Gerwing, P. Barreto & C. Uhl. 1997. Vine management for reduced-impact logging in eastern Amazonia. *Forest Ecology and Management* **98**:105-114.